



# Mise en appariement d'images SAR stéréoscopiques

Franck Fayard, Stéphane Meric, Eric Pottier

## ► To cite this version:

Franck Fayard, Stéphane Meric, Eric Pottier. Mise en appariement d'images SAR stéréoscopiques. Journées Nationales Micro-ondes, May 2007, Toulouse, France. hal-00200855

**HAL Id: hal-00200855**

**<https://hal.science/hal-00200855>**

Submitted on 21 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Mise en appariement d'images SAR stéréoscopiques

Franck Fayard, Stéphane Méric, Eric Pottier

SAPHIR / IETR, Université de Rennes 1, Bat. 11D, 263 av. du Général Leclerc, CS 74205, 35042 Rennes cedex

Franck.Fayard@ens.insa-rennes.fr

## I. Introduction

L'équipe SAPHIR (SAR Polarimétrie Holographie Interférométrie Radargrammétrie) fait partie du laboratoire IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications) de Rennes. L'activité scientifique du groupe s'articule autour des thèmes de recherche concernant la théorie de la polarimétrie radar, la télédétection radar polarimétrique et interférométrique et l'imagerie radar SAR. Ces activités permettent au groupe de simuler des images SAR ainsi que d'analyser qualitativement et quantitativement des données de type SAR : rugosité des sols, taux d'humidité, couverture neigeuse et forestière, zones urbaines ... Ces connaissances ont motivé le développement d'études sur les prises de vues stéréoscopiques. L'objectif de cet article est donc de présenter l'élaboration d'une chaîne de traitement radargrammétrique visant à obtenir un MNT (Modèle Numérique de Terrain) à partir d'images SAR stéréoscopiques.

Nous allons d'abord présenter succinctement les différentes techniques radargrammétriques existantes. Puis, nous allons exposer le résultat de nos travaux : les premiers tests ont été réalisés sur des images radar simulées constituées de points brillants [3]. Ensuite, nous utilisons différentes paires d'images stéréoscopiques afin de faire évoluer notre algorithme et le rendre efficace sur des images SAR haute résolution.

## II. Etat de l'art

La radargrammétrie est définie comme " la technique d'extraction de l'information géométrique des objets à partir d'images radar " [6]. Plusieurs méthodes radargrammétriques permettent la création de MNT à partir d'images SAR : la clinométrie, la stéréoscopie, l'interférométrie et la polarimétrie [5]. Le choix d'une méthode dépend de la configuration SAR et des moyens disponibles lors de l'acquisition. Par exemple, la stéréoscopie et l'interférométrie nécessitent l'enregistrement d'au moins deux images prises à des angles de vue différents tandis que la polarimétrie implique l'enregistrement de l'onde radar sur deux canaux appelés H et V.

Les méthodes les plus courantes pour extraire l'information d'élévation du terrain sont la stéréoscopie et l'interférométrie. La clinométrie demeure une technique marginale, réservée aux situations exemptes de vérité terrain. La polarimétrie est limitée par le manque de données polarimétriques disponibles pour évaluer la robustesse de cette technique émergente. L'interférométrie est une méthode maîtrisée [1], qui offre la meilleure précision pour établir un MNT mais qui se heurte au problème de déroulement de phase, générant des erreurs de reconstruction.

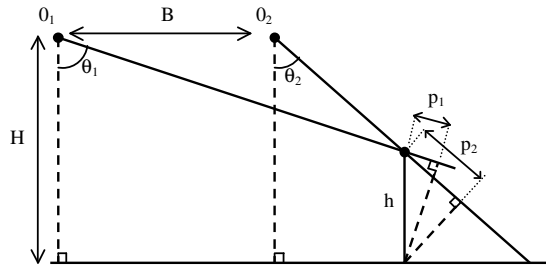
Le principe de la stéréoscopie consiste à enregistrer deux images avec des angles d'incidences différents. Les différences entre ces deux images sont quantifiables en mesurant la disparité des pixels d'une image à l'autre. Ensuite, l'étude de la géométrie de la prise de vue permet d'en déduire l'altitude (cf. fig. 1). La stéréoscopie est utilisée avec des systèmes optiques depuis des dizaines d'années mais elle n'est pas applicable directement dans les systèmes radars. La transposition des méthodes tirées de l'optique nécessite de prendre en compte les spécificités de l'image radar liée à sa radiométrie particulière (bruit de speckle) et sa formation dans le plan radar (projection du sol dans le plan radar).

## III. Etudes sur images simulées

Afin de valider les premières méthodes de reconstitution du relief par rapport à la théorie [6], nous avons utilisé des images SAR simulées à partir d'une scène 3D uniquement constituée de points brillants. L'utilisation de ce modèle permet de se concentrer sur la géométrie du problème en faisant abstraction des valeurs radiométriques. L'outil développé afin de traiter les images stéréoscopiques effectue donc une simulation paramétrable d'images SAR (angle de prise de vue, altitude et vitesse du porteur, résolution de l'antenne), un appariement entre les pixels qui consiste à identifier les points homologues d'une image à l'autre, la création d'une carte de disparités en comparant les coordonnées de ces points homologues et enfin l'extraction de l'altitude par spatio-triangulation à partir de la géométrie des prises de vue et des disparités calculées précédemment.

Pour simplifier le modèle, nous affectons des paramètres de vols parallèles, à altitude constante H et nous ne prenons pas en compte la rotondité de la Terre dans les calculs.

Un critère important pour analyser une configuration stéréoscopique est le rapport B/H (B : distance entre porteurs et H : hauteur des porteurs). Deux configurations stéréoscopiques sont étudiées : les porteurs avec une visée du même côté de la zone imagée (configuration same-side) ou de part et d'autre (configuration opposite-side [4]). Une fois l'altitude extraite par le biais de ce premier outil radargrammétrique, nous calculons les erreurs d'élévation par rapport à la scène 3D initiale (cf. fig. 1).



$$h = \frac{p_1 - p_2}{\cos(\theta_2) \pm \cos(\theta_1)}$$

avec :

- h : hauteur du point étudié
- $p_{1,2}$  : les parallaxes
- $\theta_{1,2}$  : angles d'incidence
- le signe  $\pm$  dépendant de la configuration (same-side ou opposite-side)

Fig.1 : Extraction de l'altitude en fonction des parallaxes dans le plan du radar

Les résultats obtenus concordent avec les études théoriques sur ce sujet [6]. On peut retenir que les erreurs en opposite-side sont toujours inférieures à celles en same-side, ce qui rend donc cette configuration intéressante du point de vue de la précision de la reconstruction. En configuration same-side (porteurs du même côté), les erreurs de localisation vont décroissantes quand l'angle d'intersection augmente.

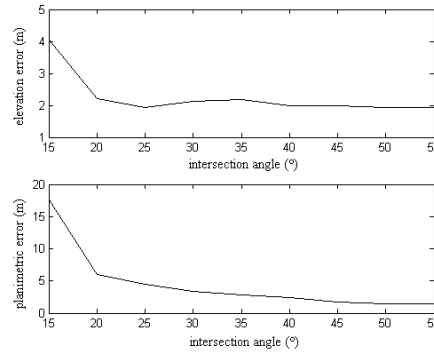
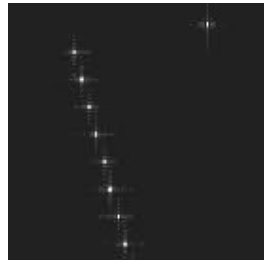


Fig.2 : Image de simulation et résultats en same-side en fonction de l'angle d'intersection ( $\theta_2 - \theta_1$ )

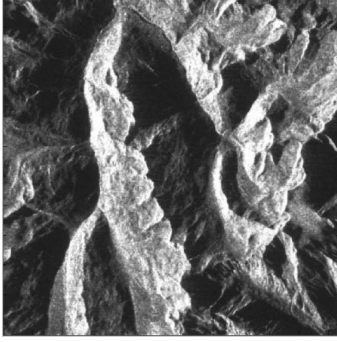
L'étude sur des images simulées à partir de points brillants a permis de valider les algorithmes d'appariement et de spatio-triangulation en ne tenant compte que des paramètres géométriques du modèle. Il est maintenant nécessaire de faire évoluer ces algorithmes de façon à prendre des images réelles comme paramètre d'entrée et de prendre en compte la radiométrie dans la phase d'appariement.

#### IV. Etudes sur échantillons d'images réelles

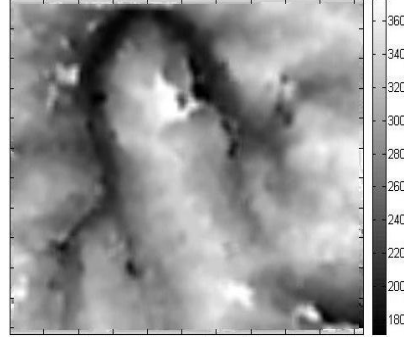
Il est plus commode d'effectuer un appariement sur des images provenant d'une configuration same-side grâce aux ressemblances radiométriques et géométriques. Les images utilisées couvrent le site d'Oetzal dans les Alpes. Elles ont été obtenues par la mission X-SAR en avril 1994 [7]. La taille est de 568x568 pixels, la résolution pixellique est de 25m x 25m et les angles d'incidence sont de 58,1° et 50,3°. Les images sont en géométrie épipolaire [8], c'est à dire que théoriquement un pixel situé sur une ligne azimutale dans une image aura son homologue sur la même ligne azimutale dans l'autre image. Dans la pratique, il y a souvent un écart de 1 à 3 pixels en azimuth dont il faut tenir compte pour localiser les pixels homologues. L'utilisation d'images réelles nécessite une amélioration du processus d'appariement : la localisation de pixels homologues par identification d'organisation de la radiométrie. La méthode la plus simple est d'utiliser une corrélation normée centrée entre les pixels de l'image gauche et ceux de l'image droite. Pour chaque pixel, nous cherchons son homologue dans l'autre image en identifiant la corrélation maximale entre les zones qui entourent le pixel incriminé. La géométrie épipolaire permet de limiter la zone de recherche en azimuth et la connaissance à priori des hauteurs maximales et minimales du terrain permet de limiter la recherche en distance. Pour chaque pixel, nous avons donc une zone de recherche dans lequel le pixel homologue sera celui dont la corrélation est maximale.

La mise en application de notre méthode sur ces images montre que la corrélation échoue dans les zones homogènes et plus particulièrement dans les zones d'ombre. Nous avons donc un MNT entaché d'erreurs car il est difficile d'apparier un pixel quand les valeurs de ses voisins sont quasiment identiques. En effet, dans ces zones d'ombre, plusieurs pixels sont candidats pour être homologues et le critère de la corrélation maximale n'est pas à même de déterminer quel est le bon. Pour limiter les erreurs dues à ces faux appariements, la zone de recherche du pixel

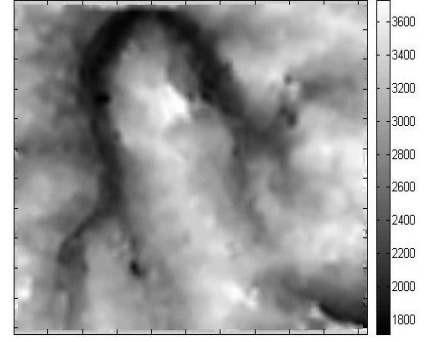
homologue a été réduite grâce à une structure pyramidale d'appariement à des résolutions d'image différentes [2]. En partant des résolutions faibles vers les résolutions hautes, une carte de disparités est générée à chaque itération afin d'utiliser ce résultat pour localiser le pixel homologue à l'étape suivante. Les résultats obtenus limitent le nombre de faux appariements mais il subsiste un nombre d'erreurs trop important pour avoir une restitution de relief correspondant à la réalité (cf. fig. 3b). Les erreurs restantes sont localisées essentiellement dans les zones d'ombre de l'image et correspondent à des valeurs d'altitudes élevées, incohérentes avec le voisinage local.



*Fig.3a : image gauche de la paire stéréoscopique*

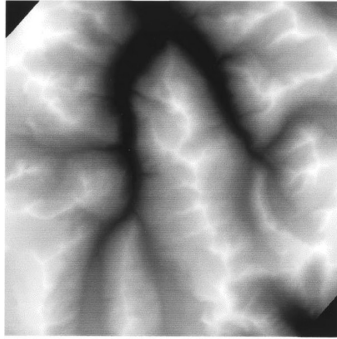


*Fig.3b : MNT reconstruit sans correction dans les zones d'ombres*

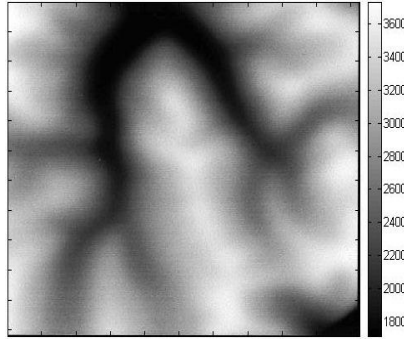


*Fig.3c : MNT reconstruit avec correction dans les zones d'ombres*

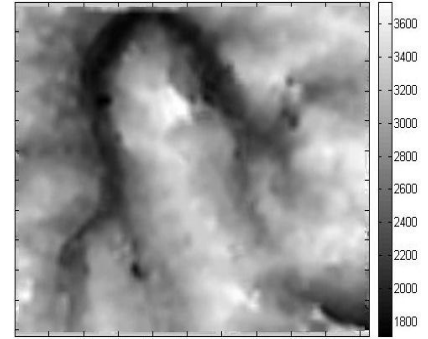
Pour minimiser les erreurs restantes, nous discriminons les zones d'ombre en utilisant un seuil sur l'intensité des pixels et un critère sur l'écart type local. Pour les pixels présents dans ces zones, nous élargissons la taille de la fenêtre de corrélation afin de chercher des informations de radiométrie dans un voisinage plus large. Cette correction dans les zones d'ombre aboutit à la génération d'un MNT (cf. fig. 3c) ne comportant plus d'incohérences physiques comme précédemment. Ces résultats peuvent être comparés à un MNT de référence (cf. fig. 4). Ce MNT a une résolution très précise : c'est pourquoi nous préférons dégrader sa résolution pour comparer avec le résultat de nos simulations.



*Fig. 4a : MNT de référence*



*Fig. 4b : MNT de référence en résolution dégradée*



*Fig. 4c : MNT reconstruit*

## V. Conclusion et perspectives

L'utilisation d'un modèle simple de spatio-triangulation nous a permis de valider le bon fonctionnement de notre premier outil de traitement radargrammétrique. Les résultats sont en accord avec les études théoriques ce qui nous a permis de faire évoluer notre programme pour travailler sur des images SAR réelles.

Pour avoir une phase d'appariement correcte, nous avons dû nous concentrer sur l'emploi d'un algorithme à structure pyramidale et sur la discrimination du pixel homologue via la recherche du maximum de corrélation dans une zone de recherche. Il subsiste encore des problèmes dans les zones d'ombre car l'utilisation du critère de corrélation maximale dans ces zones ne permet pas d'isoler précisément les pixels homologues.

L'évolution prochaine de cet outil sera de trouver une autre alternative pour traiter les zones d'ombre : nous pouvons soit interpoler les résultats dans les zones occultées, soit envisager un traitement polarimétrique.

## Bibliographie

- [1] Y. Belgued, L. Rognant, L. Denise, S. Goze, J.G. Planés « *Application of Radar Space Triangulation to the Calibration of Interferometric DEM* », IGARSS'98, IEEE international published, Vol.5, 1998, pp. 2665-2667.
- [2] M. Denos, « *A pyramidal scheme for stereo matching SIR-B imagery* », Int. J. Remote Sensing, Vol. 13, No. 2, 1992, pp. 387-392.
- [3] F. Fayard, S. Méric, E. Pottier, « *First Studies on a Radargrammetric Tool Kit* », EUSAR Conference, 2006.
- [4] J.K. Fullerton, F. Leberl, R.E. Marke, « *Opposite-side SAR image processing for stereo-viewing* », Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 52, No. 9, 1986, pp. 1487-1498.
- [5] T. Toutin, L. Gray, « *State-of-the-art of elevation extraction from satellite SAR data* », ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol 55, 2000, pp. 13-33.
- [6] F. Leberl, «*Radargrammetric Image Processing*», Artech House, 1990.
- [7] P. Paillou, M. Gelautz « *Relief Reconstruction from SAR Stereo Pairs: The Optimal Gradient Matching Method* », IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol 37, N° 4, July 1999, pp. 2099-2107.
- [8] Z. Zhang, R. Deriche, O. Faugeras, Q.T. Luong, «*A robust technique for matching two uncalibrated images through the recovery of the unknown epipolar geometry*», Artificial Intelligence, Vol. 78, 1995, pp. 87-119.